第16講　化学反応式と量的関係

PART1　化学反応式と量的関係

目標　・化学反応式の係数に注目して量的関係の計算式を作れるようになろう。

Chapter1　化学反応式と量的関係 (mol)

化学反応式の係数は「反応物と生成物の粒子の数の比」すなわち「物質量（mol）の比」である。よって，係数を物質量（mol）の比と考えて量的関係の式を作ることができる。

この「化学反応式の係数が物質量 (mol）の比」というのが，化学の計算における基本であるため，しっかり意識しておこう。

例　水素 0.10mol が全て燃焼すると，生成する水は何 mol になるか。

水素の燃焼の化学反応式は次のようになる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

これより「反応する水素 H_2 の mol：生成する水 H_2O の mol ＝ 2：2 ＝ 1：1」という関係が成立していることがわかる。

よって，生成する水 H_2O の mol は反応する水素 H_2 の mol と等しいため 0.10mol となる。

まとめ

・化学反応式の係数は反応物や生成物の粒子数の比を表している。よって，係数は反応物や生成物の（　　　　）の比と考えることができる。

Chapter2　化学反応式と量的関係（質量）

反応物や生成物の情報を質量で扱い計算するときは，質量を物質量 (mol) に変えて「係数比が物質量 (mol) の比」と考えて立式する。

例 水素（分子量2）0.40 g が全て燃焼すると，生成する水（分子量18）は何 g になるか。

水素の燃焼の化学反応式は次のようになる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

これより「反応する水素 H_2 の mol：生成する水 H_2O の mol = 2：2 = 1：1」という関係が成立していることがわかる。

よって，生成する水 H_2O の mol は反応する水素 H_2 の mol と等しいため，生成する水 H_2O の質量を x g とすると，次の式が成立する。

$$\frac{0.40}{2} = \frac{x}{18} \qquad x = \underline{3.6\text{g}}$$

●質量保存の法則（1774年　ラボアジエ）

化学反応の前後で総質量は変化しない。

先ほどの **例** で考えてみよう。

左辺　反応する水素 H_2：0.4g

反応する酸素 O_2：物質量が H_2 の半分（係数 2：1）なので，$\frac{0.40}{2} \times \frac{1}{2} = 0.10\text{mol}$

O_2 の分子量は 32 なので質量は $0.10 \times 32 = \underline{3.2\text{g}}$

右辺　生成する水 H_2O：$\underline{3.6\text{g}}$

以上より，左辺の質量の合計は 0.4 +3.2 = 3.6g で，右辺の質量と一致しており，質量保存の法則が成立していることがわかる。

Chapter3　化学反応式と量的関係（気体の体積）

気体同士の反応において，それらの気体の体積の間には簡単な整数比が成立する。

気体の体積は「標準状態で 1mol = 22.4L」と決まっており，物質量（mol）と体積が比例関係にあることがわかる。また,「係数の比＝物質量（mol）の比」が成立することから，**物質が気体のときには**「係数の比＝体積の比」が成立する。

例 水素 4.0L が全て燃焼すると，生成する水蒸気は何 L になるか？（生じる H_2O は全て水蒸気であるとする）

水素の燃焼の化学反応式は次のようになる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

これより「反応する水素 H_2 の体積：生成する水 H_2O の体積＝ 2：2 ＝ 1：1」という関係が成立していることがわかる。

よって, 生成する水 H_2O の体積は反応する水素 H_2 の体積と等しいため 4.0L となる。

Chapter4　化学反応式と量的関係（過不足がある）

化学反応式と量的関係を考えるとき，反応物に過不足が生じる場合がある。このときは**化学反応式の下に表を作り，「反応前」「変化量」「反応後」の量を書く**とわかりやすい。

例 プロパン C_3H_8 0.50mol と酸素 O_2 3.5mol を混合して燃焼させた。反応後，存在する物質の化学式と物質量をそれぞれ答えよ。

C_3H_8 の燃焼の化学反応式を書き, その下に物質量（mol）のデータを書いてみよう。

	C_3H_8	+	$5O_2$	→	$3CO_2$	+	$4H_2O$	(mol)
反応前	0.50		3.5		0		0	
変化量※	− 0.50		− 2.5		+1.5		+2.0	
反応後	0		1.0		1.5		2.0	※変化量が係数比である。

C_3H_8 と O_2 が 1：5 で反応して無くなり，CO_2 と H_2O が 3：4 で生じる。

注意　通常，何かを燃焼させるときは，酸素を多めに入れているため酸素が余る。

以上より，反応後に存在する物質と物質量は

O_2：1.0mol，CO_2：1.5mol，H_2O：2.0mol となる。

Chapter5　化学反応式と量的関係（混合物）

混合物の反応で量的関係を考えるときは，**必ず混合している物質ごとに化学反応式を書く（1つの化学反応式にはしない）**。

例　メタン CH_4 とエタン C_2H_6 の混合気体を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O がそれぞれ 0.40mol，0.70mol 生じた。この混合気体に含まれていたメタン CH_4 とエタン C_2H_6 はそれぞれ何 mol か？

CH_4 と C_2H_6 の燃焼の化学反応式を別々に書き，変化量を確認してみよう。
（「完全に燃焼」とあるので，酸素は十分にあると考えられる）
CH_4 と C_2H_6 がそれぞれ x mol，y mol 混合していたとすると，物質量の変化量は次のようになる。

	CH_4	+	$2O_2$	→	CO_2	+	$2H_2O$	(mol)
変化量	$-x$		$-2x$		$+x$		$+2x$	

	$2C_2H_6$	+	$7O_2$	→	$4CO_2$	+	$6H_2O$	(mol)
変化量	$-y$		$-\frac{7}{2}y$		$+2y$		$+3y$	

生成した CO_2 について　$x + 2y = 0.40$　…①
生成した H_2O について　$2x + 3y = 0.70$　…②
①式，②式より　$x = 0.20\text{mol}$，$y = 0.10\text{mol}$

Chapter6　演習問題

問　0.10mol/L の硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液 20mL と 0.050mol/L の塩化ナトリウム NaCl 水溶液 30mL を混合したところ，白色の沈殿（AgCl）が生じた。この反応について次の問いに答えよ。ただし，原子量は N：14，O：16，Na：23，Cl：35.5，Ag：108 とする。

(1)　硝酸銀と塩化ナトリウムのどちらが何 mol 余るか。どちらも余らない場合は 0 と答えよ。

(2)　生じる白色沈殿の質量 g を答えよ。

第 16 講　PART1　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　6.0 g のマグネシウムを塩酸と完全に反応させたとき，生成する水素の質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，原子量は H：1.0，Mg：24，Cl：35.5 とする。

①　0.25 g　　②　0.50 g　　③　1.0 g　　④　2.0 g

(2)　窒素と水素を反応させたところ，標準状態で 11.2 L のアンモニアが生成した。このとき，反応した水素の標準状態での体積として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　5.60 L　　②　11.2 L　　③　16.8 L　　④　22.4 L

(3)　0.60 mol のエタン C_2H_6 と 1.40 mol の酸素 O_2 を混合して燃焼させたところ，どちらかの気体が残った。このとき，残った気体とその物質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　エタン：0.20 mol　　②　エタン：0.40 mol
③　酸素：0.30 mol　　④　酸素：0.70 mol

(4)　メタン CH_4 とプロパン C_3H_8 の混合気体を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O がそれぞれ 0.90 mol，1.40 mol 生じた。この混合気体に含まれていたメタン CH_4 とプロパン C_3H_8 はそれぞれ何 mol か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　メタン：0.20 mol，プロパン：0.30 mol
②　メタン：0.30 mol，プロパン：0.20 mol
③　メタン：0.10 mol，プロパン：0.50 mol
④　メタン：0.50 mol，プロパン：0.10 mol

< Note >

第 16 講　化学反応式と量的関係

PART1　化学反応式と量的関係

問　(1)　$AgNO_3$，5.0×10^{-4} (mol)

(2)　2.2×10^{-1} (g)

第 16 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

マグネシウムと塩酸の反応の化学反応式は次のようになる。

$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

これより，「反応する Mg の mol：生成する H_2 の mol = 1：1」なので，生成する H_2 の質量を x g とすると，$\frac{6}{24} = \frac{x}{2}$，つまり $x = 0.50$ g となる。

(2)　③

解説：

窒素と水素の反応の化学反応式は次のようになる。

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

これより，「反応する H_2 の体積：生成する NH_3 の体積＝3：2」なので，反応する H_2 の体積を x L とすると，x：11.2 = 3：2，つまり $x = 16.8$ L となる。

(3)　①

解説：

C_2H_6 の燃焼の化学反応式と各物質量は次のようになる。

	$2C_2H_6$	$+ 7O_2$	$\rightarrow 4CO_2$	$+ 6H_2O$	(mol)
反応前	0.60	1.40	0	0	
変化量	− 0.40	− 1.40	+ 0.80	+ 1.20	
反応後	0.20	0	0.80	1.20	

以上より，残った気体はエタンで物質量は 0.20 mol となる。

(4)　②

解説：

CH_4 と C_3H_8 がそれぞれ x mol, y mol 混合していたとする。

	CH_4	+ $2O_2$	→ CO_2	+ $2H_2O$	(mol)
変化量	$-x$	$-2x$	$+x$	$+2x$	

	C_3H_8	+ $5O_2$	→ $3CO_2$	+ $4H_2O$	(mol)
変化量	$-y$	$-5y$	$+3y$	$+4y$	

生成した CO_2 について $x + 3y = 0.90$，生成した H_2O について $2x + 4y = 1.40$ より, $x = 0.30$ mol, $y = 0.20$ mol となる。